

Pengenalan Tanda Tangan Menggunakan Metode *Principal Component Analysis* dan *K-Nearest Neighbor*

Lukito Hutomo¹, Priyanto², M. Ezar Al Rivan³, Siska Devella⁴

^{1,2}STMIK GI MDP; Jl. Rajawali No.14, +62(711) 376400/376300

³Program Studi Teknik Informatika, STMIK GI MDP, Palembang

e-mail: ¹lukitohutomo@mhs.mdp.ac.id, ²priyanto@mhs.mdp.ac.id, ³meedzhar@mdp.ac.id,
⁴siskadevella@mdp.ac.id

Abstrak

Tanda tangan merupakan penanda atau identitas yang ada pada suatu dokumen. Tanda tangan mempunyai peranan penting dalam memverifikasi dan melegalisasi dokumen. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pengenalan tanda tangan dan menguji tingkat *Precision*. Algoritma yang digunakan adalah *K-Nearest Neighbor* untuk mengenali tanda tangan dengan metode ekstraksi fitur *Principal Component Analysis*. Fitur *PCA* belum benar – benar mencirikan suatu citra sehingga dalam pengujian pengenalan tanda tangan mendapatkan hasil akurasi yang belum baik. Berdasarkan hasil pengujian dengan nilai $k = 5, 10$, dan 15 didapatkan rata – rata *Precision* sebesar $6,66\%$.

Kata kunci— *Principal Component Analysis, K-Nearest Neighbor, Pengenalan Tanda Tangan*

Abstract

A signature is a marker or identity that is in a document. Signatures have an important role in verifying and legalizing documents. This study aims to carry out the recognition of signatures and test the level of precision. The algorithm used is *K-Nearest Neighbor* for signature recognition with the *Principal Component Analysis* feature extraction method. The *PCA* feature does not really characterize an image so that in the recognition signature the results of accuracy are not good. Based on the test results, the values of $k = 5, 10$, and 15 obtained *Precision* averages of 6.66% for all three scenarios.

Keywords— *Principal Component Analysis, K-Nearest Neighbor, Signature Recognition*

1. PENDAHULUAN

Tanda tangan merupakan penanda atau identitas yang ada pada suatu dokumen. Tanda tangan mempunyai peranan penting dalam memverifikasi dan melegalisasi dokumen. Di dalam badan usaha khususnya perbankan, dalam setiap transaksi dibutuhkan sistem pengenalan tanda tangan *customer* yang berguna untuk memastikan apakah tanda tangan tersebut adalah benar pemilik rekening. Banyak penelitian sebelumnya yang menggunakan kecerdasan buatan untuk mengenali jenis *obyek*. Penelitian ini juga menggunakan kecerdasan buatan dalam hal pengenalan tanda tangan.

Teknologi kecerdasan buatan merupakan salah satu yang sering digunakan untuk pengenalan objek. Salah satu metode yang digunakan dalam kecerdasan buatan adalah *Machine Learning*. *Machine Learning* merupakan disiplin ilmu yang mencakup perancangan dan

pengembangan algoritma yang memungkinkan komputer untuk mengembangkan perilaku yang didasarkan pada data empiris. Dengan *machine learning* dimungkinkan untuk membuat suatu teknologi yang dapat mengenali tanda tangan seseorang.

Pada penelitian sebelumnya pengenalan karakter huruf tulisan tangan menggunakan metode *Principal Components Analysis* dengan pengenalan *Optical Character Recognition* (OCR) menggunakan sampel karakter huruf kapital A-Z memiliki tingkat keberhasilan atau akurasi terbesar pada penelitian ini mencapai 88,46%. Besarnya tingkat keberhasilan atau akurasi dipengaruhi oleh banyaknya data training dan data uji yang digunakan [1].

Pada penelitian sebelumnya pengenalan tulisan tangan huruf Jawa dengan menggunakan Metode *K-Nearest Neighbor* dan deteksi tepi sobel, dari hasil pengujian pada skenario menggunakan 100 data *training* dan 20 data *testing* diperoleh akurasi sebesar 85%. Dari hasil pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa metode *K-Nearest Neighbor* dapat digunakan untuk mengidentifikasi pengenalan huruf Jawa dan nilai akurasi tinggi [2].

Pada penelitian sebelumnya pengenalan pola tulisan tangan dengan metode *K-Nearest Neighbor*, dari hasil pengujian pada pengenalan secara keseluruhan terhadap seluruh karakter menggunakan semua dataset mencapai persentase 40,38 % [3]

Pada penelitian sebelumnya pengenalan tulisan tangan karakter *Hiragana* menggunakan DCT, DWT, dan *K-Nearest Neighbor* hasil pencapaian tingkat akurasi maksimum diperoleh masing – masing algoritma DWT-DCT adalah pada parameter *cityblok* 82.61 % (DWT) dan *correlation* 58.70 % (DCT) [4].

Pada penelitian sebelumnya pengenalan tanda tangan menggunakan PCA dan metode Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik dengan tingkat pengenalan 83.33 %. Sedangkan hasil pengujian sistem dengan citra tanda tangan tiruan menghasilkan pengenalan sebesar 15 % [5]

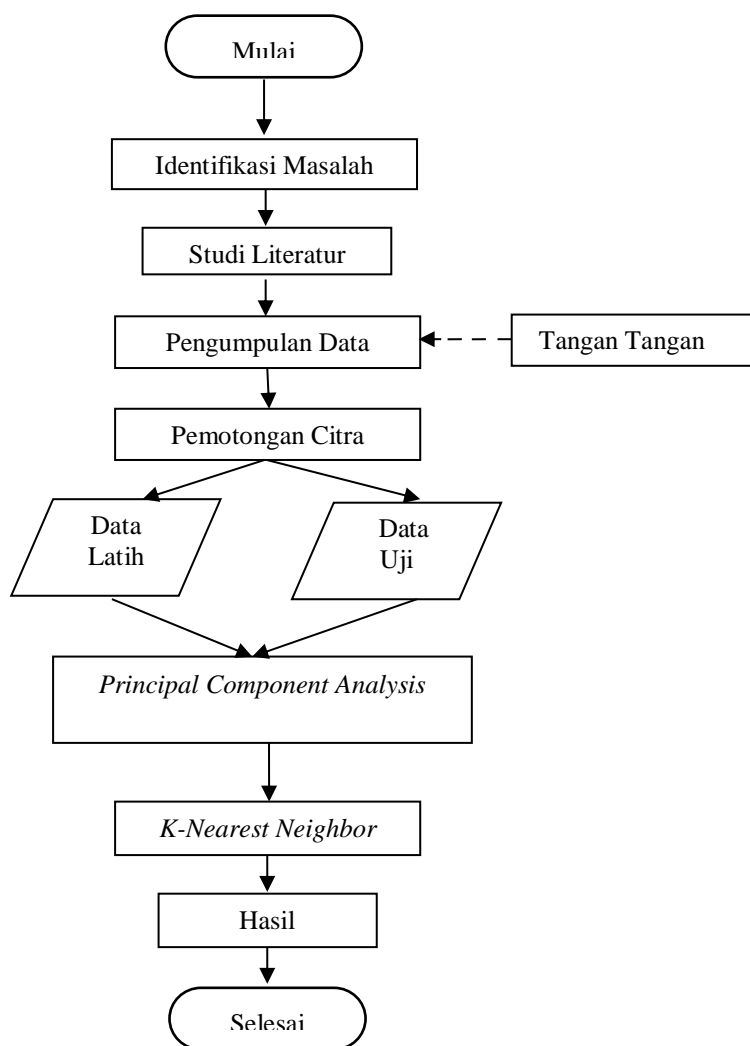
Pada penelitian sebelumnya pengenalan pola tanda tangan dengan menggunakan metode PCA dan LVQ dengan hasil analisa dan implementasi PCA, sistem pengenalan pola tanda tangan dapat mencapai performansi sebesar 57,14 % untuk nilai *epoch* 2000, *learning rate* 0.0072 serta pengurangan *learning rate* 0.0001 [6]

Pada penelitian sebelumnya penerapan metode *Distance Transform* pada *Kernel Discriminant Analysis* untuk pengenalan pola tulisan tangan angka berbasis *Principal Component Analysis*, berdasarkan hasil pengujian metode DT yang diusulkan tidak berpengaruh secara signifikan untuk memperbaiki kelemahan KDA pada optimasi waktu namun untuk ekstraksi pada kernel yang berbeda dengan tingkat akurasi pengenalan tulisan tangan angka secara langsung yaitu 95,5 % dibandingkan kombinasi KDA berbasis PCA sebesar 87,98%[7]

Pada penelitian-penelitian sebelumnya sudah banyak menerapkan berbagai macam metode dan ekstraksi ciri dalam pengenalan tanda tangan. Namun, dari penelitian yang telah ada, penulis akan melakukan penelitian untuk tingkat akurasi pengenalan tanda tangan menggunakan *K-Nearest Neighbor*. Ekstraksi ciri yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Principal Component Analysis*.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan beberapa tahapan yang harus dilakukan secara berurutan guna mencapai hasil yang maksimal seperti studi literatur, pengumpulan data, pemotongan citra, *principal component analysis* dan *k-nearest neighbor*. Pada tahapan perancangan sistem dalam pengenalan tanda tangan menggunakan metode *principal component analysis* dan *k-nearest neighbor* dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Alur Metode Penelitian

Metodologi yang digunakan penulis untuk melakukan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Identifikasi Masalah

Pada tahap ini, dimulai dengan mengidentifikasi masalah untuk memahami masalah yang diangkat ke dalam penelitian dan solusi untuk memecahkan masalah tersebut.

2. Studi Literatur

Pada tahap ini peneliti akan melakukan studi literatur dengan mengumpulkan informasi berasal dari jurnal – jurnal penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan masalah penelitian.

3. Pengumpulan Data

Dalam tahap ini peneliti akan mengumpulkan data berupa tanda tangan yang terdiri dari 15 responden dengan masing – masing 15 tanda tangan untuk data latih dan 5 tanda tangan untuk data uji.

4. Pemotongan Citra

Pada tahapan ini, setelah data citra telah didapat kemudian dilakukan pemotongan citra (*cropping*) dengan ukuran 100x100 untuk fokus ke objek tanda tangan.

5. Data Latih

Untuk data latih tanda tangan didapat dari 15 responden dimana masing-masing responden memberikan 15 citra tanda tangan sehingga jumlah citra tanda tangan untuk data latih adalah 225 tanda tangan.

6. Data Uji

Untuk data uji tanda tangan didapat dari 15 responden dimana masing-masing responden memberikan 5 citra tanda tangan yang sehingga jumlah citra tanda tangan untuk data uji adalah 75 tanda tangan.

7. Principal Component Analysis

Pada tahap ini, data latih dan data uji dilakukan ekstraksi fitur dengan menggunakan metode *Principal Component Analysis* dimana dari data latih yang matriks berjumlah 225×10.000 menjadi 225×5.000 sedangkan data uji dari matriks yang berjumlah 75×10.000 menjadi 75×5.000 . dimana hasil ekstraksi fitur tersebut akan menjadi data pembanding dalam pengenalan tanda tangan.

8. K-Nearest Neighbor

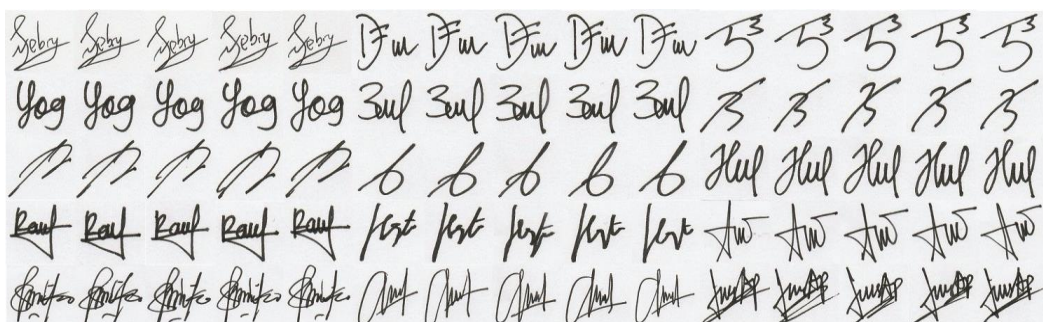
Pada tahap ini, setelah mendapatkan data latih dan data uji yang sudah dilakukan ekstraksi fitur menggunakan *Principal Component Analysis*, data tersebut diklasifikasi menggunakan K-Nearest Neighbor untuk mengenali tanda tangan data uji berdasarkan data latih.

2.1 Data

Pada penelitian ini, data dibagi menjadi 2 kelompok yaitu data uji dan data latih. Data yang digunakan sebagai data uji meliputi hasil scan 15 tanda tangan untuk setiap 15 orang dengan ukuran 100×100 pixel dengan kerapatan 600 dpi yang dapat dilihat pada Gambar 2.2. Sedangkan data uji pada penelitian ini meliputi hasil scan 5 tanda tangan untuk setiap 15 orang dengan ukuran 100×100 pixel dan kerapatan 600 dpi yang dapat dilihat pada Gambar 2.3.



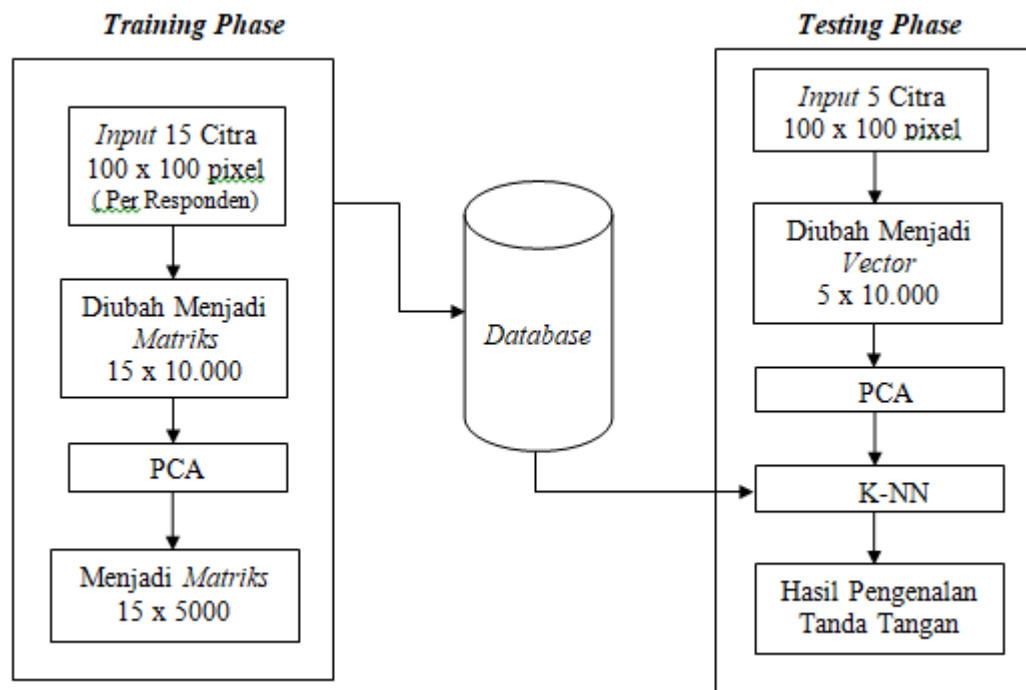
Gambar 2.2 Data Training



Gambar 2.3 Data Testing

2.2 Perancangan

Pada tahap ini penulis merancang alur kerja untuk *training phase* dan *testing phase* yang ditunjukkan oleh Gambar 2.4. Tahapan perancangan dibagi kedalam 2 bagian yaitu perancangan data latih dan perancangan data uji.



Gambar 2. 4 Bagan Perancangan

2.2.1 Perancangan data latih dan data uji

Untuk bagian *training phase* input berasal dari 15 citra tanda tangan yang berukuran 100x100 pixel per satu responden. Kemudian masing-masing citra diubah menjadi matriks berukuran 15x10.000 dimana 10.000 didapatkan dari hasil 100x100, sedangkan 15 didapatkan dari jumlah citra yang diinput. Selanjutnya matriks tersebut direduksi menggunakan *Principal Component Analysis* sehingga menjadi matriks 15x5000 dan hasil tersebut akan dimasukkan ke dalam database sehingga fitur yang terdapat di dalam database adalah matriks 225x5000.

Pada bagian *testing phase* input berasal dari 5 citra data uji yang berukuran 100x100 pixel, yang kemudian citra tersebut diubah menjadi matriks berukuran 5x10.000. Dan matriks tersebut direduksi menggunakan *Principal Component Analysis* sehingga menjadi matriks 5x5000. Kemudian dari matriks tersebut dilakukan pengenalan menggunakan *K-Nearest Neighbor* dengan 3 skenario yaitu $k = 5$, $k = 10$, dan $k = 15$ terhadap data latih yang ada di database.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini dilakukan ekstraksi fitur menggunakan *principal component analysis* dimana hasil yang didapatkan menjadi pembanding antara data latih dan data uji lalu dilakukan klasifikasi menggunakan *k-nearest neighbor*. Nilai k dalam penelitian ini adalah 5, 10 dan 15. Untuk hasil pengujian skenario satu dimana $k = 5$ dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Hasil pengujian skenario pertama ($k = 5$)

Input	Hasil	Keterangan	Total Benar	Total Salah	Precision	Recall	Accuracy
01	03	SALAH	1	4	20 %	25 %	90.66 %
	01	BENAR					
	06	SALAH					
	04	SALAH					
	11	SALAH					
02	08	SALAH	0	5	0 %	0 %	93.33 %
	09	SALAH					
	03	SALAH					
	04	SALAH					
	10	SALAH					
03	09	SALAH	0	5	0 %	0 %	78.66 %
	06	SALAH					
	10	SALAH					
	15	SALAH					
	06	SALAH					
04	10	SALAH	0	5	0 %	0 %	81.33 %
	09	SALAH					
	03	SALAH					
	08	SALAH					
	06	SALAH					
05	09	SALAH	0	5	0 %	0	90.66 %
	03	SALAH					
	11	SALAH					
	06	SALAH					
	04	SALAH					
06	08	SALAH	1	4	20 %	6.66 %	76 %
	05	SALAH					
	09	SALAH					
	03	SALAH					
	06	BENAR					
07	08	SALAH	0	5	0 %	0 %	93.33 %
	01	SALAH					
	04	SALAH					
	03	SALAH					
	10	SALAH					
08	06	SALAH	1	4	20 %	14.28 %	86.66 %
	08	BENAR					
	04	SALAH					
	05	SALAH					
	09	SALAH					
09	03	SALAH	1	4	20 %	8.33 %	80 %
	06	SALAH					
	11	SALAH					
	04	SALAH					
	09	BENAR					

10	04	SALAH	0	5	0 %	0 %	82.66 %
	08	SALAH					
	06	SALAH					
	03	SALAH					
	11	SALAH					
11	06	SALAH	1	4	20 %	20 %	89.33 %
	11	BENAR					
	09	SALAH					
	04	SALAH					
	08	SALAH					
12	03	SALAH	0	5	0 %	0 %	93.33 %
	06	SALAH					
	04	SALAH					
	10	SALAH					
	09	SALAH					
13	09	SALAH	0	5	0 %	0 %	93.33 %
	01	SALAH					
	10	SALAH					
	06	SALAH					
	03	SALAH					
14	06	SALAH	0	5	0 %	0 %	92 %
	01	SALAH					
	09	SALAH					
	06	SALAH					
	10	SALAH					
15	10	SALAH	0	5	0 %	0 %	90.66 %
	03	SALAH					
	14	SALAH					
	09	SALAH					
	06	SALAH					
Jumlah			5	70			
Rata – Rata					6.66 %	4.95 %	87.46 %

Pada Tabel 3.1 merupakan hasil akhir dari pengujian pada skenario pertama. Hasil yang didapatkan dari pengujian 75 tanda tangan, sebanyak 5 tanda tangan berhasil dikenali sistem dengan benar, sedangkan 70 tanda tangan lainnya tidak dapat dikenali dengan benar oleh sistem. Sehingga nilai rata – rata *Precision* yang didapatkan sebesar 6,66 %.

Pada skenario kedua, pengklasifikasian menggunakan *K-Nearest Neighbor* dengan $k = 10$. Hasil pengujian pada skenario kedua dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Hasil pengujian skenario kedua ($k = 10$)

Input	Hasil	Keterangan	Total Benar	Total Salah	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>Accuracy</i>
01	03	SALAH	1	4	20 %	20 %	89.33 %
	01	BENAR					
	06	SALAH					
	04	SALAH					
	11	SALAH					

Input	Hasil	Keterangan	Total Benar	Total Salah	Precision	Recall	Accuracy
02	08	SALAH	0	5	0 %	0 %	93.33 %
	09	SALAH					
	06	SALAH					
	04	SALAH					
	03	SALAH					
03	09	SALAH	0	5	0 %	0 %	82.66 %
	06	SALAH					
	10	SALAH					
	14	SALAH					
	06	SALAH					
04	10	SALAH	0	5	0 %	0 %	81.33 %
	09	SALAH					
	06	SALAH					
	08	SALAH					
	06	SALAH					
05	09	SALAH	0	5	0 %	0 %	90.66 %
	03	SALAH					
	11	SALAH					
	06	SALAH					
	04	SALAH					
06	08	SALAH	1	4	20 %	5 %	69.33 %
	05	SALAH					
	09	SALAH					
	03	SALAH					
	06	BENAR					
07	06	SALAH	0	5	0 %	0 %	93.33 %
	01	SALAH					
	04	SALAH					
	06	SALAH					
	10	SALAH					
08	06	SALAH	1	4	20 %	14.28 %	86.66 %
	06	SALAH					
	04	SALAH					
	08	BENAR					
	09	SALAH					
09	03	SALAH	1	4	20 %	8.33 %	80 %
	06	SALAH					
	11	SALAH					
	04	SALAH					
	09	BENAR					
10	04	SALAH	0	5	0 %	0 %	85.33 %
	08	SALAH					
	06	SALAH					
	03	SALAH					
	11	SALAH					

11	06	SALAH	1	4	20 %	20 %	89.33 %
	11	BENAR					
	09	SALAH					
	04	SALAH					
	08	SALAH					
12	03	SALAH	0	5	0 %	0 %	93.33 %
	06	SALAH					
	04	SALAH					
	10	SALAH					
	09	SALAH					
13	09	SALAH	0	5	0 %	0 %	93.33%
	01	SALAH					
	10	SALAH					
	06	SALAH					
	03	SALAH					
14	06	SALAH	0	5	0 %	0 %	92 %
	01	SALAH					
	09	SALAH					
	06	SALAH					
	05	SALAH					
15	10	SALAH	0	5	0 %	0 %	93.33 %
	08	SALAH					
	01	SALAH					
	09	SALAH					
	06	SALAH					
Jumlah			5	70			
Rata – Rata <i>Precision</i>					6.66 %	4.5 %	87.55 %

Pada Tabel 3.2 merupakan hasil dari pengujian pada skenario kedua. Hasil yang didapatkan tidak begitu jauh berbeda dengan skenario pertama, dari pengujian 75 tanda tangan, sebanyak 5 tanda tangan berhasil dikenali sistem dengan benar, sedangkan 70 tanda tangan lainnya tidak dapat dikenali dengan benar oleh sistem. Sehingga nilai rata – rata *Precision* yang didapatkan sebesar 6,66 %.

Pada skenario ketiga, pengklasifikasian menggunakan *K-Nearest Neighbor* dengan $k = 15$. Hasil pengujian pada skenario kedua dapat dilihat pada Tabel 3.3

Tabel 3.3 Hasil pengujian skenario ketiga ($k = 15$)

Input	Hasil	Keterangan	Total Benar	Total Salah	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>Accuracy</i>
01	03	SALAH	1	4	20 %	20 %	89.33 %
	01	BENAR					
	06	SALAH					
	09	SALAH					
	11	SALAH					

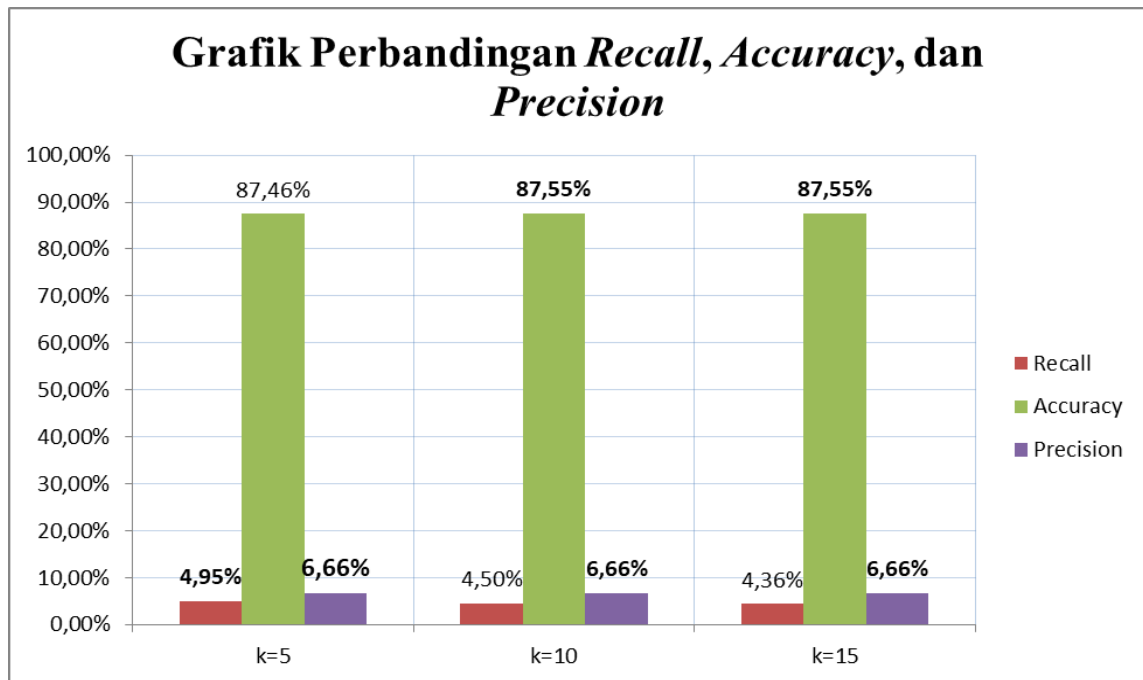
Input	Hasil	Keterangan	Total Benar	Total Salah	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>Accuracy</i>
02	08	SALAH	0	5	0 %	0 %	93.33 %
	09	SALAH					
	06	SALAH					
	04	SALAH					
	03	SALAH					
03	09	SALAH	0	5	0 %	0 %	82.66 %
	06	SALAH					
	10	SALAH					
	14	SALAH					
	06	SALAH					
04	10	SALAH	0	5	0 %	0 %	82.66 %
	09	SALAH					
	06	SALAH					
	08	SALAH					
	06	SALAH					
05	09	SALAH	0	5	0 %	0 %	92 %
	03	SALAH					
	11	SALAH					
	06	SALAH					
	04	SALAH					
06	08	SALAH	1	4	20 %	5.26 %	70.66 %
	05	SALAH					
	09	SALAH					
	03	SALAH					
	06	BENAR					
07	08	SALAH	0	5	0 %	0 %	93.33 %
	01	SALAH					
	04	SALAH					
	03	SALAH					
	10	SALAH					
08	06	SALAH	1	4	20 %	12.5 %	85.33 %
	06	SALAH					
	04	SALAH					
	08	BENAR					
	09	SALAH					
09	03	SALAH	1	4	20 %	7.69 %	78.66 %
	06	SALAH					
	11	SALAH					
	04	SALAH					
	09	BENAR					
10	04	SALAH	0	5	0 %	0 %	84 %
	08	SALAH					
	06	SALAH					
	03	SALAH					
	11	SALAH					

11	06	SALAH	1	4	20 %	20 %	89.33 %
	11	BENAR					
	09	SALAH					
	04	SALAH					
	08	SALAH					
12	03	SALAH	0	5	0 %	0 %	93.33 %
	06	SALAH					
	04	SALAH					
	10	SALAH					
	09	SALAH					
13	09	SALAH	0	5	0 %	0 %	93.33 %
	01	SALAH					
	10	SALAH					
	06	SALAH					
	08	SALAH					
14	06	SALAH	0	5	0 %	0 %	92 %
	01	SALAH					
	09	SALAH					
	06	SALAH					
	10	SALAH					
15	10	SALAH	0	5	0 %	0 %	93.33 %
	06	SALAH					
	01	SALAH					
	09	SALAH					
	06	SALAH					
Jumlah			5	70			
Rata – Rata <i>Precision</i>					6, 66 %	4.36 %	87.55 %

Pada Tabel 3.3 merupakan hasil akhir dari pengujian pada skenario ketiga. Hasil yang didapatkan juga tidak begitu jauh berbeda dengan skenario pertama dan skenario kedua, dari pengujian 75 tanda tangan, sebanyak 5 tanda tangan berhasil dikenali sistem dengan benar, sedangkan 70 tanda tangan lainnya tidak dapat dikenali dengan benar oleh sistem. Sehingga nilai rata – rata *Precision* yang didapatkan sebesar 6,66 %.

3.1 Hasil Akhir

Hasil akhir untuk ketiga skenario, dengan skenario pertama yaitu k = 5, skenario kedua yaitu k = 10, dan skenario ketiga yaitu k = 15. Hasil akhir dapat dilihat dalam Gambar 4.1.



Gambar 3. 1 Grafik Perbandingan *Recall*, *Accuracy*, dan *Precision* Untuk $k = 5, 10$ dan 15 .

Pada Gambar 4.31 dapat dilihat grafik perbandingan *recall*, *accuracy*, dan *precision* untuk $k = 5, 10$, dan 15 . Persentase *recall* terbaik ada pada $k = 5$ yaitu $4,95\%$. Untuk persentase *accuracy* terbaik ada pada $k = 10$ dan 15 yaitu $87,55\%$. Sedangkan pada *precision* memiliki persentase yang sama untuk $k = 5, 10$, dan 15 yaitu $6,66\%$.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pengenalan tanda tangan menggunakan metode *Principal Component Analysis* dan *K-Nearest Neighbor*, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Fitur PCA belum mencirikan suatu citra sehingga dalam pengujian pengenalan tanda tangan mendapatkan hasil akurasi yang belum baik.
2. Berdasarkan hasil pengujian, nilai rata – rata *Precision* yang didapatkan sebesar $6,66\%$ untuk ketiga skenario yaitu $k = 5, 10$, dan 15 .
3. Untuk nilai $k = 5, 10$, dan 15 pada metode K-NN tidak menunjukkan hasil klasifikasi yang signifikan pada pengujian.

5. SARAN

Saran yang dapat direkomendasikan untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Pengumpulan *sample* tanda tangan dapat dilakukan menggunakan papan digital (*digitizer*) untuk mendapatkan hasil citra yang lebih baik.
2. Melakukan penelitian yang sama dengan menggunakan ekstraksi fitur lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Miftah Faridh H, Muhammad, “Pengenalan Karakter Huruf Tulisan Tangan Menggunakan Metode Principal Component Analysis”, *Univ. Dian Nuswantoro Semarang*, 2017.
 - [2] Maftuhin, Fuad, “Pengenalan Tanda Tangan Huruf Jawa dengan Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor dan Deteksi Tepi Sobel”, *Univ. Nusantara Kediri*, 2013.
 - [3] Aulia, Suci dan Arif Setiawan, “Pengenalan Tulisan Tangan Karakter Hiragana Menggunakan DCT, DWT, dan K-Nearest Neighbor”, *Jurnal Elektro Telekomunikasi Terapan*, 2017.
 - [4] Misnadin Arief, Ryan, S. Adi, dan S. Mola. “Pengenalan Pola Tanda Tangan dengan Metode K-Nearest Neighbor”, *J-ICON Vol. 2 No. 1 ISSN 2337-7631*, 2014.
 - [5] Bil Fiqhi, Zaka, R. Rizal Isnanto, dan Maman Somantri, “Pengenalan Tanda Tangan Menggunakan PCA dan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Perambantan Balik”, *TRANSIENT Vol. 3 No. 2 ISSN : 2302-9927 hal. 151*, 2014.
 - [6] Prasetyo, Heru, Martaleli Bettiza, dan Nurul Hayaty, “Pengenalan Pola Tanda Tangan Dengan Menggunakan Metode *Principal Component Analysis* (PCA) dan *Learning Vector Quantization* (LVQ)”, *Univ. Maritim Raja Ali Haji*, 2018
 - [7] Mahmud Husein, Amir, dan Mawaddah Harahap, “Penerapan Metode *Distance Transform* Pada *Kernal Discriminant Analysis* Untuk Pengenalan Pola Tulisan Tangan Angka Berbasis *Principal Component Analysis*”, *Publikasi Jurnal & Penelitian Teknik Informatika Volume 2 Nomor 2*, 2017.
-